

Дейл Нидем (Dale Needham)

Светодиоды с квантовыми точками ускоряют рост растений



Рис. 1. Салат-латук, выращиваемый под светодиодным освещением

В использовании светодиодов для освещения растений нет ничего нового, как и в применении квантовых точек в светодиодном освещении. К тому же уже доказано, что светодиодные системы имеют большие преимущества по сравнению с традиционными технологиями освещения растений. Но все еще не стало общеизвестным, что бескадмиевые квантовые точки являются идеальными кандидатами для оптимизации спектра излучения, подходящего для освещения растений. В статье представлены возможности и преимущества светодиодных систем освещения, основанных на собственных и запатентованных бескадмиевых квантовых точках CFQD.

Для полноценного роста растений требуется полный солнечный спектр. Хлорофилл в листе поглощает солнечный свет, обеспечивая энергию для всех нужд растения, фотосинтез — с использованием длин волн 400–700 нм — процесс преобразования световой энергии солнца в растении. Большинству растений не требуется сплошной спектр во всей видимой области. Например, хотя цветущие растения и используют весь спектр видимого света, одни длины волн важнее, чем другие. Красный свет имеет решающее значение для активации гормона, влияющего на процессы цветения и плодоношения, а синий — способствует компактному, густому, здоровому виду растения. По этой причине сельхозпроизводители полагаются на искусственное освещение растений, такое как светодиодное с акцентом на синюю и красную части спектра (рис. 1).

Определенный спектр излучения, наряду с интенсивностью и длительностью освещения, одновременно активизирует цветение растения, рост и размножение, но растения весьма избирательны в отношении того, какой свет они используют. Как правило, их требования ограничены небольшими, определенными полосами света, и они отражают любой дополнительный свет, который им не нужен. Это дает основание предположить, что солнечный свет является довольно неэффективным в качестве источника энергии для растений, но из-за обилия световой энергии потери практически незаметны. Однако в условиях искусственного освещения необходимо точно знать, какое количество освещения необходимо для роста растений. Причем избыточное освещение

может быть вредным для растений, неэффективным и весьма дорогостоящим при использовании вертикальных систем выращивания.

Преимущества светодиодного освещения

Светодиоды обеспечивают особые преимущества для растениеводства, поскольку, в отличие от традиционных источников света, таких как лампы накаливания, люминесцентные, галогенные и газоразрядные лампы, они могут быть настроены на максимум поглощения хлорофиллом в растениях. Благодаря определенной длине волны, линейной зависимости выхода излучения от тока питания, потреблению гораздо меньшего количества энергии и выделению меньшего количества тепла, светодиоды способствуют здоровому развитию растений. Они не только являются экономически эффективным решением, но и повышают возможность сельхозпроизводителей контролировать развитие растений. Тем не менее существуют проблемы, связанные с адаптацией спектра излучения существующих светодиодных светильников для удовлетворения особых потребностей растений в зависимости от типа и стадии их роста.

Новая технология с уникальными оптическими свойствами готова взять на себя эту задачу. Бескадмиевые квантовые точки позволяют излучать точно заданную длину волны, что обеспечивает четкий и концентрированный свет для вертикальных систем выращивания. Установка размера этих потрясающих наночастиц позволяет настраивать свет, испускаемый системой светодиодов, на любой цвет в спектре при сохранении энергетической эффективности светодиода.

Развитие светодиодного освещения растений

Хотя выращивание картофеля для выживания на Марсе и кажется научно-фантастическим сюжетом, большая часть ранних исследований светодиодного освещения растений была проведена учеными, связанными с Национальным управлением по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА). Уже в 1980-е годы исследователи начали оценивать, как светодиодные системы освещения могут обеспечить здоровый рост растений в неблагоприятных условиях, а также какое

влияние эта новая технология может оказать на такие серьезные мировые проблемы, как засуха, мор и голод.

Поскольку синие светодиоды еще не были доступны, ранние эксперименты были ограничены матрицами из красных светодиодов. Исследования в области промышленного применения светодиодов ускорились в 1990-е годы в результате ряда технологических новшеств, которые повысили светоотдачу и увеличили диапазон доступных цветов, включая синий, зеленый, белый и др.

Это приносит огромную пользу ученым, работающим в области агрофотоники, для которых светодиоды представляют собой «первый источник света с возможностью настоящего управления спектром, что позволяет согласовать длины волн с фоторецепторами растений для обеспечения наиболее оптимального результата и оказания влияния на морфологию и состав растений» [1].

Управление спектром — одно из нескольких преимуществ светодиодов перед традиционными системами освещения растений. Среди факторов, способствующих достижению точного спектра для освещения растений, одним из наиболее важных является цветовая температура, измеренная по шкале Кельвина при данной длине волны. Согласно определению, цветовая температура источника света — это температура абсолютно черного тела, которое излучает свет того же оттенка, что и рассматриваемый источник. Солнце

близко к черному телу с цветовой температурой около 5900 К. Следовательно, при обсуждении светодиодов следует учитывать, что цвета с КЦТ выше 5000 К, известные как холодные синие, близки к естественному солнечному свету, а с КЦТ ниже 3000 К — известны как теплые красные (рис. 2).

В поисках света с идеальным спектром, наиболее эффективного для выращивания растений в помещении, на рынке освещения рассматривали различные источники света, вызывающие различные реакции растений. Так, синий свет вызывал вегетативный рост, красный — цветение. Одни из традиционных систем освещения растений специализированы на определенных частях спектра, а другие охватывают несколько длин волн.

Все существующие ограничения

Освещение лампами накаливания представляется недорогим, однако оно может перегревать растения, растрачивать энергию и предлагает ограниченные красный и синий цвета, необходимые для вегетации и здоровья растений.

Галогенные системы, очень близкие к спектру солнечного света (6000 К) и отличающиеся более длительным сроком службы, чем лампы накаливания (до 15 тыс. часов), также недостаточно эффективны из-за перегрева. Они могут создавать свет только в узкой области и, в конце концов, сжигают или повреждают растения, обе-

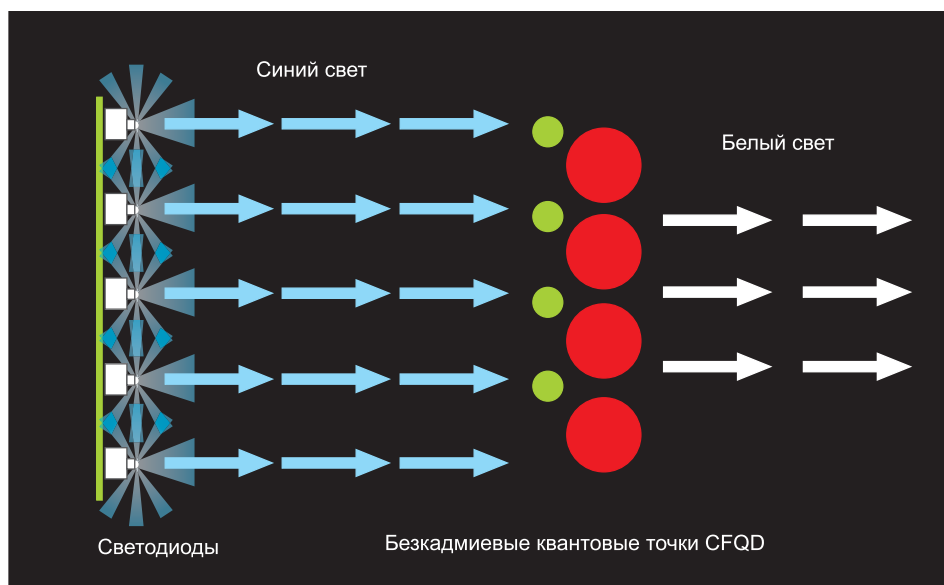


Рис. 2. Синие светодиоды возбуждают красные и зеленые бескадмиевые квантовые точки, в результате чего получается белый свет высокого качества

спечивая слишком много света в одних областях и недостаточно — в других.

Флуоресцентные лампы популярны, но им, как правило, не хватает красной части спектра, необходимого для цветения растений. Полноспектральные флуоресцентные системы требуют специальных приспособлений, что повышает их стоимость, делая неэффективными.

Натриевые лампы высокого давления (НЛВД) и металлогалогенные лампы являются примером газоразрядных ламп высокой интенсивности, лидера в области освещения растений. Поскольку НЛВД испускают свет в теплом, красном конце спектра, они превосходят металлогалогенные или флуоресцентные лампы, но растения оказываются слабыми и истощенными из-за низкой интенсивности света. Кроме того, для получения красного и синего цветов должны быть объединены два типа НЛВД.

Ограничения светодиодного освещения

Вернемся в настоящее время. Светодиодное освещение, обладающее возможностью получать требуемые длины волн при минимальном выделении тепла и чрезвычайно высокой энергоэффективности, начали быстро применять для освещения растений в помещении. Несмотря на то, что популярность светодиодных систем освещения растет в геометрической прогрессии, они все еще имеют ограничения по излучаемым длинам волн, что не обеспечивает оптимальное для роста растений поглощение фотонов и, следовательно, приводит к потере энергии. Это практически оказалось провалом на пути создания эффективного светодиодного освещения для систем вертикального выращивания.

В современных системах выращивания растений использована комбинация красных и синих светодиодов, что стимулирует поглощение и усиливает рост растений. Однако это требует применения нескольких полупроводниковых светильников с различными длинами волн, для того чтобы получать красное, зеленое и синее излучение. Единичный светодиод с красным излучением не оптимизирован для повышения энергоэффективности, он только предоставляет теплый свет для конкретных растений, а также на репродуктивных стадиях роста. Протяженные источники света могут выдавать сочетание

чередующихся красного, красного, синего, красного, красного, синего светодиодов и т. д. Тем не менее сельхозпроизводители должны поместить светильники достаточно далеко от растений, чтобы свет разного цвета смешался и каждое растение получило правильное соотношение синего и красного. Из-за этого повышается энергопотребление и имеет место неэффективное распределение света.

Люминофоры в стандартных светодиодах имеют широкие спектры излучения. Они различаются длиной волны, из-за чего растения не получают одинаковые спектры. Новая же технология узкополосного люминофора, доступная на рынке в настоящее время, слишком дорогостоящая, к тому же она пригодна только для дисплеев. Вследствие большого допуска к параметрам излучения светодиодов полоса излучения может сдвигаться от образца к образцу, что не способствует максимальному покрытию полосы поглощения.

До недавнего времени сельхозпроизводители не имели возможности точно настраивать свои светодиодные системы для различных видов растений или стадий роста. С введением бескадмиевых квантовых точек пришла новая волна технологий светодиодного освещения.

Крупное решение в миниатюрном корпусе

Квантовые точки — это крошечные флуоресцентные полупроводники. Они настолько малы, что только ряд из 10 тыс. штук достигает толщины человеческого волоса. Если их возбуждают внешним источником света, они поглощают энергию и, в зависимости от размера частицы, излучают свет разного цвета. Когда квантовые точки были впервые представлены на рынке, производители сразу же признали, что их имеет смысл применять для совершенствования светодиодного освещения дисплеев. В этом случае преимущество

квантовых точек, действующих в качестве узкополосного красного люминофора, заключается в том, что они обеспечивают производителям цвет высшего качества (CRI, R9) без больших потерь эффективности по сравнению с использованием обычного красного люминофора. Поскольку бескадмиевые квантовые точки можно легко настроить на любой цвет спектра, они стали настоящим прорывом в освещении растений по сравнению с традиционными светодиодными светильниками.

В настоящее время наиболее широко известная технология квантовых точек, используемая для телевизионных дисплеев, требовала применения кадмия, токсичного тяжелого металла, употребление которого строго регулируется в Европейском союзе. Из-за того что кадмий несет угрозу здоровью и экологии, Директива ЕС по ограничению вредных веществ (RoHS) ограничивает количество кадмия, свинца и ртути, которое может быть использовано в электрическом и электронном оборудовании, продаваемом на рынке.

Квантовые точки, не содержащие тяжелых металлов, полностью соответствуют RoHS. Они обеспечивают все преимущества этой технологии, реализуемые в безопасном и более экологичном изделии. Они доступны различных размеров и форм, предназначены для работы в сочетании со светодиодами, имеющими длину волны в диапазоне 405–455 нм.

Светодиодное освещение растений становится более «зеленым»

Для освещения растений тонкая пленка бескадмиевых квантовых точек — оптимальное решение. Эти нетоксичные высокоэффективные материалы легко использовать в различных форматах светодиодного освещения на этапах размножения и вегетации растений. Они могут быть изготовлены таким образом, что

Таблица. Сравнение системы освещения на натриевых лампах высокого давления со светодиодной системой освещения с бескадмиевыми квантовыми точками CFQD

Система освещения на базе натриевых ламп высокого давления (НЛВД)	Светодиодная система освещения с бескадмиевыми квантовыми точками
Высокое потребление энергии (как правило, 150–1000 Вт)	Низкое потребление энергии (как правило, 10–240 Вт)
Излучает широкий диапазон цветов, но не оптимизирована для выращивания растений	Излучает только цвета, необходимые для стимулирования роста растений
Чтобы получить синий и красный цвет на разных стадиях роста, необходимо объединять НЛВД с металлогалогенными лампами	Пленку квантовых точек в светодиодном модуле легко заменить для получения разных спектров излучения, а также настроить на любой цвет
Выделяет тепло, способное повредить выращиваемые растения	Благодаря небольшому тепловыделению такую систему можно разместить рядом с выращиваемыми растениями
Срок службы — около одного года	Гарантированный срок службы — три года

отношение синего и красного излучения будет изменяться в зависимости от пленки, что опять же идеально подходит для различных видов и стадий роста растений.

У традиционных систем освещения растений красными и синими светодиодами существует проблема с рассеянием света. Поэтому их следует размещать высоко над растениями, чтобы красный и синий свет освещал растения равномерно. Светодиодную систему, усовершенствованную путем применения пленки бескадмиевых квантовых точек, легко настроить на необходимый цвет спектра. Поскольку излучение исходит из одной области, это снижает затраты, связанные с согласованием схем нескольких полупроводниковых систем освещения.

С бескадмиевыми квантовыми точками длинноволновый красный свет светодиода можно использовать для стимулирования оптимального поглощения хлорофиллом как типа А, так и типа В, что важно для таких культур, как базилик и салат. Благодаря взаимодействию с природой, а также возможности точной настройки длин волн в соответствии с климатическими условиями и свойствами растений, эта технология позволяет растениеводам лучше контролировать здоровый и энергичный рост растений, например создавая более хрустящую или мягкую текстуру салата.

Пленки квантовых точек также обеспечивают превосходную равномерность света со значительным снижением тепловыделения по сравнению с традиционными источниками света. Это позволяет размещать светильники на меньшем расстоянии от растений, получать максимальный урожай и требуемое качество растений, а также экономить пространство и электроэнергию. Благодаря своей однородности растения также ограждаются от бликов и точек перегрева. Растениеводы получили возможность легко переключать спектр излучения простой заменой пленки, используя тот же светодиодный модуль. Это является важным преимуществом для сельхозпроизводителей, стремящихся поддерживать эффективный рост растений в помещении при низких затратах.

Легко внедрять в существующие светодиодные изделия

Хотя пленки бескадмиевых квантовых точек — новинка в технологиях освещения,

они были разработаны, чтобы служить технологической платформой. Это позволяет всем пользователям оснащать такой пленкой свои устройства. При правильной концентрации синего света пользователи могут настроить свой светильник таким образом, что будет излучаться необходимое количество света в красном диапазоне. Другие же спектры могут быть получены в соответствии с индивидуальными требованиями.

Использующие стандартные синие или УФ светодиодные компоненты в качестве источника света, пленки бескадмиевых квантовых точек легко интегрируются в существующие светодиодные изделия. Это позволяет настраивать индивидуально

подобранный цвет, основываясь на потребностях конкретного растения (рис. 3, 4). Преимущество использования пленки заключается в том, что квантовые точки имеют широкую полосу поглощения, и потому любой синий светодиод с длиной волны 430–460 нм будет возбуждать пленку. Таким образом, обеспечивается экономичное и простое решение для производителей систем освещения растений. Кроме того, применение только синих светодиодов в качестве источника света значительно снижает сложность светильника, облегчает сборку, а также позволяет уменьшить складские запасы.

Пленку бескадмиевых квантовых точек обычно задвигают в паз в светодиодном



Рис. 3. Светильник для выращивания растений с пленкой с бескадмиевыми квантовыми точками

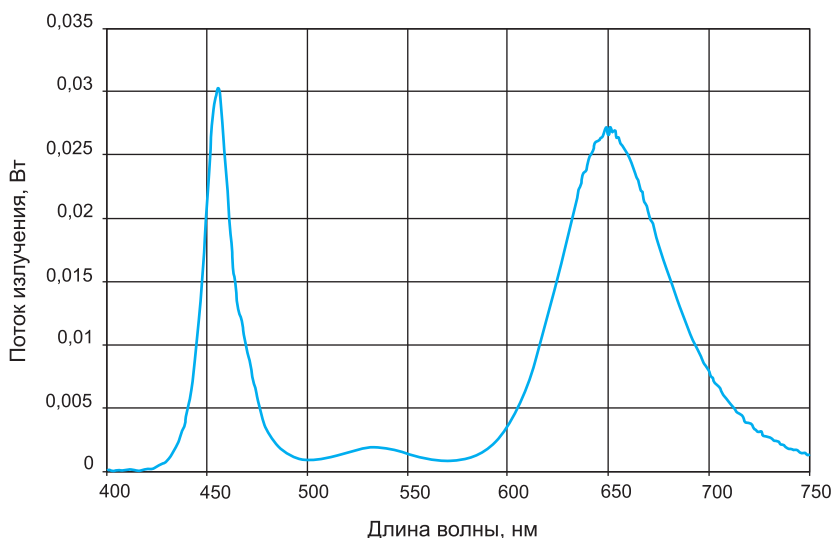


Рис. 4. Соотношение 1:1 синего и длинноволнового красного света бескадмиевых квантовых точек

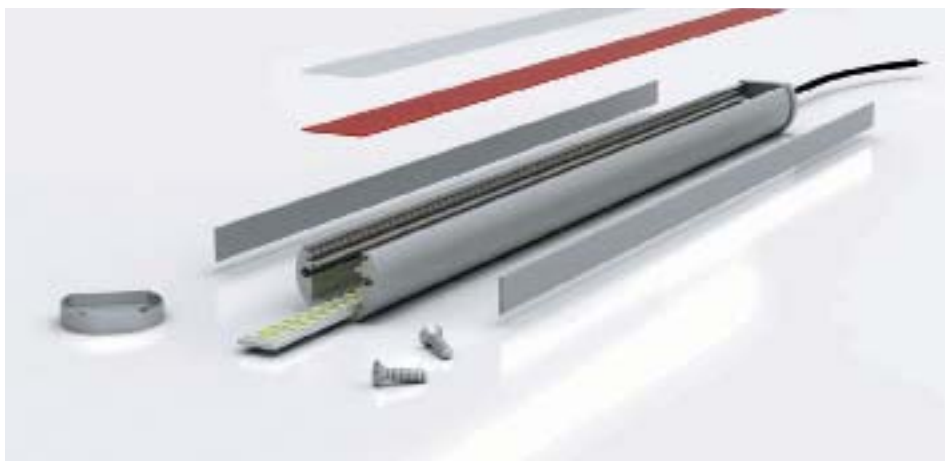


Рис. 5. Защищенный патентом CFQ линейный светильник длинноволнового красного света с бескадмиевыми квантовыми точками

светильнике (рис. 5). Она находится на расстоянии 2–5 см от светодиодов, для того чтобы обеспечивалось достаточное смещение света.

Индустрия растениеводства

Согласно прогнозам, объем сектора рынка отрасли выращивания растений вертикальным способом к 2020 г. достигнет 3,8 млрд долл. [2], поэтому существует

насушная потребность в инновационной технологии для поддержания этого растущего сектора глобального рынка. Подгоняемые такими факторами, как круглогодичное получение урожая в городских условиях, получение фруктов и овощей высокого качества без пестицидов и возможность управлять климатическим режимом, сельхозпроизводители могут извлечь большую пользу из беспреце-

дентной точности спектра светодиодных систем освещения с бескадмиевыми квантовыми точками. Помещенные в пленку, без использования кадмия, эти эффективные точки допустимо настраивать на каждом этапе развития растения. Производители светодиодных светильников, использующие эту технологию, смогут предложить последовательный и экономичный способ выращивания. Он будет безопасным, надежным, энерго- и экономически эффективным, а также способным удовлетворить потребности клиентов по всему миру. ●

Статья опубликована на www.led-professional.com

Литература

1. The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality / Margit Olle and Akvile Virsile, from Agricultural and Food Science. 2013. Vol. 22. No 2.
2. Vertical Farming Market by Functional Device (Lighting, Hydroponic Component, Climate Control, and Sensors), Growth Mechanism (Aeroponics, Hydroponics, and Others) and by Geography // Global Forecast to 2020. Markets and Markets.